Revue suisse Zool.	Tome 94	Fasc. 3	p. 503-510	Genève, septembre 1987

L'application de l'étude d'impact sur l'environnement dans la pratique: bien plus une question de choix judicieux des bioindicateurs qu'un défi à la science

(deux exemples pris dans les écosystèmes lotiques) [1]

par

Alain G. B. THOMAS *

Avec 1 figure

ABSTRACT

Applied impact assessment on environment: rather a matter of efficient bioindicators than a challenge to science. — According to their sensitivity, reliability and practice, some bioindicators are more efficient than other ones. They are of great values for impact assessments and therefore must be primary selected. Following this point of view, two examples of rather distinct disturbances in lotic ecosystems are presented and support the validity of Diptera Dixidae and Ephemeroptera as bioindicators.

INTRODUCTION

L'un des principaux problèmes posés par les études d'impact sur les milieux lotiques a trait aux macroinvertébrés benthiques et à leur diversité considérable. Cette dernière, cause de difficultés d'identification, implique en général un important investissement de temps; en outre, elle est à l'origine de différents comportements et types de réponses à la perturbation. Dans la présente étude, basée sur deux exemples de pollutions très différentes, j'ai essayé de montrer que certains indicateurs peuvent être à la fois particulièrement sensibles et d'utilisation aisée.

---

* Laboratoire d'Hydrobiologie, Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex, France.

[1] Poster présenté à l'Assemblée annuelle de la SSZ à Berne, les 10 et 11 octobre 1986.

BUT RECHERCHÉ

Désignation, dans le but d'une large utilisation, de bioindicateurs commodes et fiables pouvant permettre d'apprécier la gravité d'un impact sur un écosystème (cas limités aux écosystèmes d'eau courante).

«CAHIER DES CHARGES» D'UN BON BIOINDICATEUR

Caractéristiques d'ordre fondamental:

Sensibilité au type d'impact concerné; fidélité, c'est-à-dire capacité de retour rapide aux valeurs initiales lors de l'arrêt ou de l'interruption de la perturbation.

Caractéristiques d'ordre pratique:

L'utilisation d'un bioindicateur à grande échelle exige qu'il soit: abondant et fréquent; «disponible» dans les écosystèmes pratiquement toute l'année; utilisable facilement (récolte et identification aisées).

PREMIER EXEMPLE:

ILLUSTRATION DE LA TRÈS GRANDE SENSIBILITÉ D'UN BIOINDICATEUR SPÉCIALISÉ DEVANT UNE FAIBLE POLLUTION

Influence humaine: les pollutions hôtelières en montagne.

Nature des rejets: en majeure partie des tensioactifs: détergents et corps gras. Conséquence: un abaissement de la tension superficielle; ainsi, le biotope des torrents le plus touché est *la surface, près des bords* à cause de l'agitation de l'eau qui déchire constamment le film tensioactif.

Indicateur proposé: les larves de Diptères Dixidae.

Ce sont les «meniscus midges» (et en particulier *Dixa puberula* Loew, espèce très fréquente et très abondante en Europe occidentale, de moins de 500 à plus de 2000 m d'altitude) qui vivent dans le ménisque soulevé de raccordement air-eau contre le substratum (roches, Bryophytes aquatiques bordants) dans la zone de battement de l'eau. La hauteur de ce ménisque est

$$h = \sqrt{\frac{2A}{\rho g}\,(1 - \sin \alpha)}$$

(Bruhat 1955) et la force qui maintient les larves plaquées contre le substratum est

$$F = \frac{2A^2}{d^2 \rho g}\ .$$

Les larves âgées ont toutefois assez de vigueur pour émerger du ménisque et s'en éloigner de quelques millimètres en entraînant avec elles un film d'eau qui doit être constamment renouvelé. Dans ce cas, la force

$$F = \frac{2A^2}{d^2\rho g} + A$$

(BRUHAT t.c.).

Dans ces formules: A = la tension superficielle de l'eau; ρ = sa masse spécifique; g = l'accélération de la pesanteur; α = l'angle de raccordement de l'eau avec la paroi; d = la distance entre la larve et le substrat. On constate donc que tout abaissement, même minime, de la tension superficielle touche gravement le microhabitat des larves de Dixidae, à tous les stades de développement larvaire.

Localité d'étude: le torrent de la Goute de Courbe à la station de sports d'hiver des Agudes (1200 lits), altitude 1395 m, Hautes-Pyrénées, immédiatement après les championnats de France de ski (février 1977).

Cette étude compare l'impact sur les peuplements benthiques du fond et celui sur les peuplements des Bryophytes bordants, au total: 37382 macroinvertébrés récoltés.

A — Le fond du torrent.

Méthode.

Trois prélèvements effectués au filet de Surber (surface: 0,2 m^2; vide de maille: 0,3 mm) en amont du rejet et trois autres en aval. Matériel: 8153 individus appartenant à 64 taxons — identifiés le plus souvent jusqu'à l'espèce — dont 17 jugés suffisamment abondants (plus de 100 individus) pour la comparaison amont-aval. Milieu prospecté: les pierres moyennes et petites en courant moyen.

Résultats.

1) La baisse totale d'effectif est inférieure à 4‰.

2) Il n'a pu être mis en évidence d'élimination et/ou de remplacement d'espèces en aval.

3) Plusieurs espèces, considérées classiquement comme plutôt fragiles (Ephéméroptères: *Baetis alpinus* (Pictet), *Rhithrogena kimminsi* Thomas, *Rh. semicolorata* (Curtis); Plécoptères: *Brachyptera seticornis* (Klapalek)) sont plus abondantes en aval qu'en amont, pour des raisons trophiques.

Conséquence:

Une telle pollution, peu intense, n'est pas décelable par la seule analyse de la faune benthique pétricole classique, tout au moins sur une unique série de prélèvements.

B — Les Bryophytes bordants dans la zone de battement de l'eau.

Méthode.

Récolte de 68,39 g de Bryophytes (déshydratés: 24 h à 90° C) en amont et de 66,06 g en aval. Les effectifs d'invertébrés muscicoles ont été ramenés par le calcul à des valeurs comparables. Matériel: 29229 individus appartenant à 70 taxons dont 30 jugés suffisamment abondants pour la comparaison amont-aval.

Résultats.

1) Sur sept relevés, a été effectuée la comparaison de la baisse de diversité par individu, entre l'amont et l'aval, des biocénoses du fond et des Bryophytes bordants (indice de Shannon):

$$\frac{\Delta D/N\ \text{(Bryophytes)}}{\Delta D/N\ \text{(Fond)}}$$

Selon les groupes de taxons considérés, cette baisse est de 2,2 à 4,9 fois plus élevée dans les Bryophytes bordants que sur le fond. Les biocénoses muscicoles, plus exposées à cette pollution que celles, pétricoles, du fond en sont évidemment plus affectées.

2) Sensibilité des différents taxons muscicoles.

Parmi 14 Oligochètes, 5 Ephéméroptères, 10 Plécoptères, 15 Trichoptères, 7 Diptères et 11 Coléoptères:

— *Dixa puberula* est la seule espèce à accuser une baisse d'effectif amont-aval supérieure à 90% (91,7);

— l'analyse de variance entre les effectifs de *D. puberula* dans les prélèvements de l'amont et ceux de l'aval donne un résultat significatif au seuil de 5%: la répartition des larves de cette espèce est plus homogène — parce que moins perturbée — en amont qu'en aval.

CONCLUSION

Pour la détection d'une telle pollution, le choix du milieu à prospecter et des indicateurs à retenir est primordial, en particulier des points de vue précision et gain de temps. Il a déjà été établi que la fragilité des biocénoses lotiques de montagne implique des indicateurs très sensibles (DÉCAMPS & PUJOL 1977). D'autre part, la récolte et la détermination des Dixidae sont aisées par rapport à bien d'autres insectes aquatiques (DISNEY 1975, THOMAS 1981).

DEUXIÈME EXEMPLE:

IMPACT D'UNE VIOLENTE POLLUTION ORGANIQUE (200 000 ÉQUIVALENTS-HABITANTS) SUR UNE GRANDE RIVIÈRE RAPIDE AU BENTHOS TRÈS DIVERSIFIÉ

Influence humaine: la papeterie Kraft (500 tonnes/jour) de Saint-Gaudens sur la Garonne à 320 m (Haute-Garonne).

Principales caractéristiques du cours d'eau en aval du rejet:

— débit: 15 à 200 m^3/s
— température: 5 à 21° C
— pH: 7,0 à 8,3
— oxygène dissous: 7 à 12 mg/l
— conductivité: 50 à 400 µS/cm
— principaux ions rejetés: Cl^-, SO_4^{--}, Na^+
— intense prolifération de la bactérie filamenteuse *Sphaerotilus natans*.

Méthode.

Récolte au filet de Surber de 102 483 macroinvertébrés appartenant à plus de 180 taxons, sur 8,6 m^2. Prélèvements effectués en février, avril, août (arrêt de fonctionnement de l'usine), octobre et décembre — donc quand la rivière était suffisamment basse — en amont et en aval du rejet avant et après l'adoption d'une nouvelle séquence de blanchiment de la pâte.

Résultats.

A — Mise en évidence de la gravité de l'impact.

1) Evolution globale du nombre des *présences cumulées* des taxons de chaque groupe systématique pour *tous les prélèvements*, entre l'amont et l'aval (tableau suivant):

Groupes systématiques	n taxons	Evolution amont-aval %
Planaires	1 *	– 100
Plécoptères	13	– 86,5
Ephéméroptères	15	– 60,4
Trichoptères	12	– 50,3
Coléoptères	18	– 49,5
Mollusques	5	– 21,7
Chironomidae	46	+ 25,9
Oligochètes	40	+ 76,6
Asellidae	2	+ 266,6
Hirudinées	3	+ 309,1

*: *Polycelis felina* (Dalyell).

2) Effectifs totaux amont-aval et espèces apparues ou disparues en aval, par rapport à l'amont (tableau suivant):

Groupes systématiques	Somme des effectifs amont	Somme des effectifs aval	Espèces disparues-apparues	
			n	%
Ephéméroptères	6042	1061	– 4	26,7
Plécoptères	539	87	– 10	76,9
Trichoptères	20214	1809	– 4	33,3
Coléoptères	6669	370	– 2	11,1
Chironomidae	6845	27449	– 10	28,6
			+ 13	37,1
Oligochètes	1176	7629	– 3	15,0
			+ 20	100,0

3) Nombres d'espèces abondantes et fréquentes présentant en aval une baisse d'effectif supérieure à 80%:

Ephéméroptères	5 sur 6
Plécoptères	3 sur 4
Trichoptères	5 sur 8
Coléoptères	3 sur 3

4) Indices de diversité: nombres de variations de même sens entre les valeurs amont et les valeurs aval, sur 17 séries de données comparatives (34 prélèvements) (tableau suivant):

Indices / Groupes systématiques	SHANNON			MAC INTOSH		
	Variations amont-aval		Variations inverses	Variations amont-aval		Variations inverses
	en −	en +	%	en −	en +	%
Ephéméroptères	15 + 2 *	0	0	15 + 2 *	0	0
Plécoptères	10 + 7 *	0	0	8 + 7 *	2	25
Trichoptères	16 + 1 *	0	0	16 + 1 *	0	0
Coléoptères	15 + 1 *	1	6,7	15 + 1 *	1	6,7
Total	56 + 11 *	1	1,8	54 + 11 *	3	5,5

*: effectifs des populations aval nuls.

B — Recherche des meilleurs bioindicateurs en fonction des exigences fondamentales et pratiques.

1) Sensibilité, fiabilité et disponibilité.

Sur plus de 180 taxons, pour la plupart identifiés spécifiquement, le tableau suivant regroupe ceux récoltés à plus de 100 exemplaires et présentant en outre une fréquence de 100% en amont du rejet, ainsi que des variations d'effectif amont-aval toujours de même sens (pourcentage de variations inverses — ou contradictoires — nul sur 8 séries de 4 prélèvements chacune):

Ordres / Espèces	SENSIBILITE		FIABILITE			
					DISPONIBILITE	
	% Baisse d'effectif	% Baisse de fréquence	% de variations en − (effectifs)	dont ≥90%	effectifs de l'étude	fréquence amont (%)
EPHEMEROPTERES						
Baetis lutheri Müller-Liebenau	- 89,6	- 43,0	100	62,5	1587	100
Rhithrogena semicolorata (Curtis)	- 96,2	- 56,0	100	87,5	1268	100
Ephemerella ignita (Poda)	- 82,8	- 66,7	100	75,0	552	100
PLECOPTERES						
Dinocras cephalotes (Curtis)	-100	-100	100	100	121	100
TRICHOPTERES						
Glossosoma boltoni Curtis	- 98,8	- 67,0	100	100	756	100
Agapetus ochripes Curtis	- 99,5	- 76,0	100	100	1846	100
Hydropsyche spp.	- 95,8	- 33,0	100	87,5	3130	100
DIPTERES (Limoniidae)						
Antocha vitripennis (Meigen)	- 92,2	- 41,6	100	50,0	418	100
COLEOPTERES						
Elmis spp. •	- 97,7	- 19,0	100	87,5	5670	100
Limnius volkmari	- 93,2	- 43,0	100	50,0	780	100

• : Elmis aenea (Müller) + E. maugetii Latreille + E. rioloides Kuwert

2) Fidélité: rapidité de réponse et vitesse de recolonisation.

Cette caractéristique est importante, à mon avis, pour suivre de près, sans trop de délai, les aggravations ou les tentatives d'améliorations du fonctionnement d'un système polluant.

La figure suivante (fig. 1) est obtenue par le couplage des diversités des prélèvements homologues amont-aval deux par deux, sur toute la durée de l'étude (indice de Shannon). Elle est relative aux Ephéméroptères qui, seuls, présentent — grâce à leur dérive élevée — des diversités amont et aval du même ordre (points situés près de la bissectrice), après seulement trois semaines d'interruption de la pollution par l'usine (congés du mois d'août).

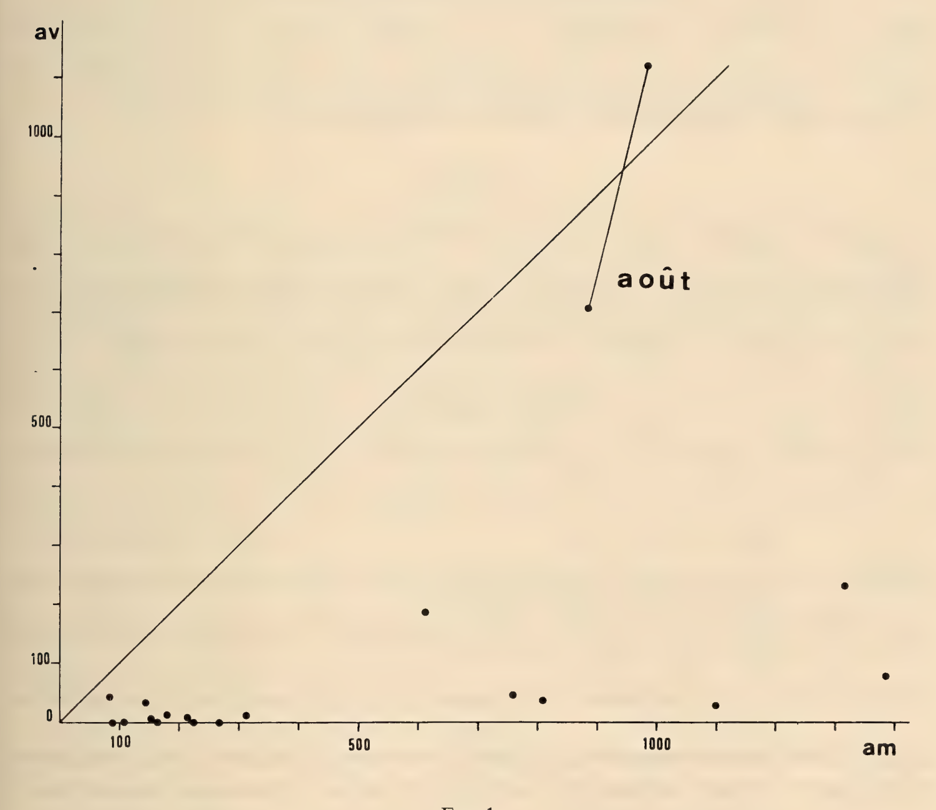


Fig. 1.

Diversité (indice de Shannon) des Ephéméroptères de la Garonne en amont et en aval de la papeterie Kraft de Saint-Gaudens. Chaque point correspond aux diversités de deux prélèvements homologues comparatifs (un en amont: abscisses; un en aval: ordonnées) effectués le même jour.

Sous cet aspect, les trois espèces les plus efficaces, comptant au moins 100 individus par relevé amont ou aval, sont: *Baetis fuscatus* (Linné), *B. rhodani* Pictet et *Ephemerella ignita* (Poda).

CONCLUSION

Plusieurs groupes systématiques du benthos (en particulier des ordres d'insectes) peuvent rendre compte, *à toute période de l'année,* d'une aussi grave dégradation des conditions naturelles. L'ordre des Ephéméroptères apparaît, dans une étude de ce type, comme le meilleur moyen terme utilisable entre la sensibilité, la fidélité, la fiabilité, la disponibilité et la facilité relative d'identification.

REMERCIEMENTS

Je suis heureux de remercier pour leurs observations sur cette étude: MM. les professeurs E. Angelier, C. Berthélemy et P. Cassagnau (Toulouse), le Dr H. Décamps (Toulouse), le regretté Dr T. T. Macan (Ambleside) et le Dr P. Zwick (Schlitz/Hessen) ainsi que le Dr J. Lauga (Toulouse) pour son aide sur l'interprétation statistique des données et les différents spécialistes taxonomistes pour leurs déterminations.

RÉSUMÉ

Certains bioindicateurs se montrent plus efficaces que d'autres, des points de vue sensibilité, fiabilité et facilité d'utilisation. Ils constituent des instruments de travail privilégiés lors des études d'impact où ils devraient être recherchés en priorité. Deux exemples de perturbations très différentes en milieux lotiques sont présentés dans ce sens et montrent les qualités d'indicateurs des Diptères Dixidae et des Ephéméroptères.

BIBLIOGRAPHIE

BRUHAT, G. 1955. Mécanique. *In:* Cours de Physique Générale à l'usage de l'enseignement supérieur scientifique et technique. 5e édition, *Masson, Paris,* 724 p.

CLIFFORD, H. T. and W. STEPHENSON. 1975. An introduction to numerical classification. *Academic Press, New York,* 229 p.

DÉCAMPS, H. et J. Y. PUJOL. 1977. Influences humaines sur le benthos d'un ruisseau de montagne dans les Pyrénées. *Bull. Ecol.* 8 (3): 349-358.

DISNEY, R. H. L. 1975. A key to the larvae, pupae and adults of the British Dixidae (Diptera). *Scient. Publs Freshwat. biol. Ass.* 31: 1-78.

HELLAWELL, J. M. 1978. Biological surveillance of rivers. *NERC and Water Research Centre, Stevenage,* 332 p.

LISON, L. 1968. Statistique appliquée à la biologie expérimentale. *Gauthier Villars, Paris,* 346 p.

MAC INTOSH, R. P. 1967. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology* 48 (3): 392-404.

SHANNON, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell Syst. tech. J.* 27: 379-423, 623-656.

THOMAS, A. G. B. 1981. Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du sud-ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères: Dixidae, Cecidomyiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. *Thèse, Toulouse,* 330 p.

WILHM, J. L. 1970. Effect of sample size on Shannon's formula. *Swest. Nat. 14* (4): 441-445.

— 1972. Graphic and mathematical analyses of biotic communities in polluted streams. *A. Rev. Ent.* 17: 223-252.